

KAJIAN SIFAT ANATOMI DAN KIMIA KAYU KAITANNYA DENGAN SIFAT AKUSTIK KAYU

Karlinasari, L.,¹ Nawawi¹, DS., dan Widyani, M.²

¹Departmen Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan IPB

²Alumni Departemen Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan, IPB

Korespondensi penulis: karlinasari@ipb.ac.id

ABSTRAK

Penelitian dan informasi terhadap eksplorasi sifat akustik yang berasal dari kayu lokal yang tumbuh di Indonesia masih sangat terbatas. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan sifat anatomi dan kimia kayu dengan parameter akustik kayu yang berupa kecepatan gelombang ultrasonik dan *sound damping*. Jenis kayu yang diuji adalah jenis kayu *softwood* berupa kayu *Pinus merkusii* dan *Pinus insularis*, serta kayu *hardwood* yang terdiri dari *Dalbergia latifolia*, *Swietenia mahagoni*, *Maesopsis eminii*, dan *Acacia mangium*. Sifat anatomi yang diuji adalah sifat makroskopis, mikroskopis, dan ultrastruktur kayu. Sementara itu sifat kimia kayu yang diuji berupa kandungan selulosa, hemiselulosa, holoselulosa, lignin, dan zat ekstraktif. Hasil penelitian menunjukkan berdasarkan karakteristik anatominya, kayu *softwood* jenis pinus memiliki laju rambatan gelombang suara yang cepat dengan struktur sel yang homogen, berserat panjang, memiliki porositas dan permeabilitas dinding sel rendah, sudut mikrofibril kecil (arah serat semakin sejajar), dan daerah kristalit besar. Untuk nilai *sound damping* atau hambatan, jenis kayu *hardwood* cepat tumbuh (*Maesopsis eminii*, dan *Acacia mangium*) memiliki nilai hambatan yang besar yaitu di atas 0,08. Hasil analisis regresi linear sederhana menunjukkan hubungan sifat-sifat kimia kayu yang diuji dengan sifat akustik kayu berupa kecepatan gelombang ultrasonik dan *sound damping* memiliki nilai R^2 di atas 0,4 untuk semua hubungan kecuali pada hubungan selulosa dengan *sound damping*.

Kata kunci: kecepatan gelombang ultrasonik, *sound damping*, makroskopis, ultrastruktur, kayu cepat tumbuh

STUDY OF ANATOMIC AND MECHANICAL PROPERTIES OF WOOD RELATION WITH ACOUSTICAL PROPERTIES

ABSTRACT

The researches of acoustical properties in tropical wood are still lacking. The objective of this study was to identify anatomical and chemical properties of wood in relation with some acoustical properties namely sound velocity and sound damping. The materials used were two softwood species (*Pinus merkusii* and *Pinus insularis*) and four hardwood species (*Dalbergia latifolia*, *Swietenia mahagoni*, *Maesopsis eminii*, and *Acacia mangium*). The anatomical properties investigated were macroscopic and microscopic as well as ultrastructure of wood. Cellulose, hemicellulose, holocellulose lignin, and extractives compound content were determined as chemical properties of wood. The result showed that pine wood from softwood species had higher sound velocity based on its anatomical characteristics, while hardwood fast growing species (*Maesopsis eminii* and *Acacia mangium*) had higher sound damping. The simple linear regression analysis developed to determine relation between chemical and acoustical properties. The result denoted that R^2 more than 0.4 for all relation except for cellulose and sound damping relation.

Keywords: sound velocity, sound damping, macroscopic, ultrastructure, fast growing species

PENDAHULUAN

Kayu merupakan material yang banyak dimanfaatkan dalam pembuatan alat musik seperti pada gitar, piano, biola dan lain-lain. Kegiatan seni musik sendiri di Indonesia terus

berkembang dengan pesat diiringi berbagai inovasi pada alat musiknya. Industri musik terkenal dan industri rumah tangga di Indonesia yang menghasilkan jenis-jenis alat musik tersebut di atas masih menggunakan jenis kayu impor seperti spruce (*Picea* sp.), maple (*Acer*

sp.), dan fir (*Pseudotsuga* sp.) sebagai bahan baku utama (Bucur, 2006). Untuk beberapa bagian atau komponen pada alat musik kayu jenis lokal sudah dimanfaatkan antara lain adalah kayu sonokeling (*Dalbergia latifolia*), mahoni (*Swietenia mahogany*), meranti (*Shorea* sp), dan Sungkai (*Peronema canescens*).

Penelitian dan informasi/database terhadap eksplorasi sifat akustik yang berasal dari kayu lokal yang cocok tumbuh di Indonesia masih sangat terbatas. Sejauh ini penelitian yang telah dilakukan terbatas pada kualitas produk-produk alat musik yang sudah jadi khususnya gitar yang dibuat dari kayu lokal, tanpa informasi sifat dasar akustik dan sifat dasar lainnya yang mendukung (Ardhianto, 2002; Firmansyah, 2006; Sejati, 2008). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan sifat anatomi dan kimia kayu dengan parameter akustik kayu yang berupa kecepatan gelombang ultrasonik dan *sound damping*.

BAHAN DAN METODE

Bahan yang digunakan berasal dari log jenis *softwood* *Pinus merkusii* dan *Pinus insularis*, serta jenis *hardwood* yang terdiri dari sonokeling (*Dalbergia latifolia*), mahoni (*Swietenia mahagoni*), kayu afrika (*Maesopsis eminii*), dan mangium (*Acacia mangium*) yang diperoleh dari hutan masyarakat di sekitar wilayah Ciampea-Leuwiliang, Bogor. Ukuran log kayu adalah panjang 200 cm dengan diameter ± 30 cm yang masing-masing jenis kayu berjumlah 2 log. Untuk pengujian sifat anatomi bahan kayu yang digunakan berupa potongan kayu berukuran 2 cm arah radial, 2 cm arah tangensial dan 4 cm arah aksial yang diambil dari lempengan kayu setebal 5 cm. Pada pengujian sifat kimia bahan kayu yang digunakan berupa serbuk kayu berukuran 40 *mesh*. Bahan kimia yang digunakan terdiri dari CH_3COOH , H_2O_2 , alkohol pewarna safranin 2%, *xylol*, NaClO_2 , NaOH , HNO_3 , Na_2SO_3 , asam sulfat, dan etanol-benzene.

Pengujian anatomi kayu berupa sifat makroskopis kayu yang terdiri dari karakteristik lingkaran tumbuh, dan persentase kayu gubal-

teras; sifat mikroskopis kayu melalui pengujian dimensi serat; serta sifat ultrastruktur kayu yang terdiri dari pengukuran sudut mikrofibril dan indeks kristalinitas. Sementara itu sifat kimia yang diuji adalah komponen kimia struktural kayu yang terdiri dari kandungan selulosa, hemiselulosa, holoselulosa, dan lignin; serta komponen kimia non struktural kayu yang berupa kelarutan air dingin, air panas, NaOH 1%, dan etanol-benzene.

Pengujian sifat makroskopis yang berupa lingkaran tumbuh dilakukan dengan bantuan lup/kaca pembesar. Dari pengamatan tersebut, kemudian digambar/difoto. Sementara itu untuk menghitung persentase kayu gubal-teras dilakukan berdasarkan metode *Dot Grid*. Metode ini melakukan pengukuran perhitungan luas secara langsung dengan menggunakan milimeter blok dan kertas kalkir. Persentase kayu teras dihitung berdasarkan rumus:

$$\text{Kayu teras (\%)} = \frac{\text{luas kayu teras}}{\text{luas kayu secara keseluruhan}} \times 100\%$$

Kayu gubal dihitung sebagai berikut : kayu gubal = 100% - % kayu teras

Pengujian sifat mikroskopis kayu yang berupa pengukuran dimensi serat mengacu pada metode *Forest Product Laboratory* (FPL) dalam hal pembuatan slide maserasi (Pandit dan Prihatini, 2005). Dimensi serat yang diukur terdiri dari panjang serat, diameter serat, diameter lumen, dan tebal dinding sel. Pengujian sifat ultrastruktur kayu yang berupa sudut mikrofibril dan indeks kristalinitas dilakukan dengan menggunakan alat difraktometer sinar-X. Alat ini merekam luas daerah kristalin dan amorf dalam bentuk diagram.

Pengujian sifat kimia berupa komponen kimia struktural dan non struktural kayu mencau pada standar TAPPI T-17, T-204, T-207, T-212, metode Browning (1967), dan metode Dence (1992). Data sifat akustik kayu yang berupa parameter kecepatan gelombang ultrasonik dan *sound damping* dari seluruh jenis kayu yang digunakan mengacu pada hasil Karlinsari dan Mardikanto (2008).

Tabel 1. Karakteristik batas lingkaran tumbuh kayu

Sifat makroskopis	Jenis kayu					
	<i>Softwood</i>			<i>Hardwood</i>		
	<i>Pinus merkusii</i>	<i>Pinus insularis</i>	<i>Dalbergia latifolia</i>	<i>Swietenia mahagoni</i>	<i>Maesopsis eminii</i>	<i>Acacia mangium</i>
Batas Lingkaran Tumbuh	Jelas	Jelas	Agak jelas	Agak jelas	Tidak jelas	Tidak jelas



Gambar 1. Kayu teras dan kayu gubal dalam suatu potongan melintang

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat Anatomi Kayu

Hasil pengujian sifat anatomi kayu yang terdiri sifat makroskopis (lingkaran tumbuh dan persentase kayu teras-gubal), mikroskopis, dan ultrastruktur kayu disajikan pada Tabel 1 dan 2 serta Gambar 1.

Berdasarkan Tabel 1 di atas dapat dijelaskan bahwa pada kayu-kayu jenis *softwood* batas lingkaran tumbuh tampak lebih jelas dibandingkan kayu yang termasuk ke dalam kelompok *hardwood*. Menurut Haygreen *et al.* (2003), kejelasan lingkaran tumbuh pada kayu dipengaruhi oleh perubahan struktur yang mendadak pada batas antara kayu awal dan kayu akhir akibat perubahan musim. Kekurangjelasan lingkaran tumbuh pada jenis *hardwood* ini disebabkan oleh bentuk sebaran porinya. Sonokeling memiliki sebaran pori baur. Menurut Haygreen *et al.* (2003), sebaran pori baur menunjukkan tidak adanya perbedaan atau sedikit perbedaan dalam ukuran dan jumlah pembuluh di seluruh lingkaran pertumbuhan secara kasat mata serta proporsi kayu awal dan akhir. Kayu mangium dan kayu afrika memiliki sebaran pori baur, tetapi lingkaran pertumbuhannya terlihat cukup jelas pada bagian kayu teras. Menurut Ginoga (1997) dalam Malik *et al.* (2005), kejelasan lingkaran tumbuh pada kayu mangium untuk bagian terasnya kemungkinan dikarenakan pertumbuhannya yang cepat. Untuk kayu mahoni memiliki lingkaran tumbuh yang cukup jelas dengan sebaran pori baur dan terkadang tata lingkaran.

Selanjutnya dengan menggunakan metode *Dot Grid* dihitung persentase kayu teras dan gubal seperti disajikan pada Tabel 2. Dari Tabel 2 diketahui bahwa persentase kayu teras *Maesopsis eminii* (kayu afrika) dan *Acacia mangium*

(kayu mangium) lebih besar dibandingkan kayu gubalnya. Sementara itu untuk jenis kayu lainnya baik jenis *softwood* maupun *hardwood* sonokeling dan mahoni persentase kayu gubal jauh lebih tinggi dibandingkan kayu terasnya. Hal ini karena kayu afrika dan mangium termasuk kategori jenis kayu cepat tumbuh dimana kayu teras lebih cepat terbentuk. Pada pengujian ini juga diukur kerapatan kayu teras dan gubal. Rata-rata kerapatan kayu teras lebih besar dibandingkan dengan kayu gubal. Hal ini berkaitan dengan dinding sel yang lebih tebal pada kayu teras akibat proses fisiologis tumbuhan, dimana pada kondisi kayu teras fungsi fisiologis tumbuhan sudah mati. Semakin tinggi persentase kayu teras dibandingkan dengan kayu gubal dapat mengindikasikan tingginya zat ekstraktif yang terdapat dalam kayu. Kondisi kayu teras ini ditandai dengan permukaan yang lebih gelap.

Tabel 2. Kerapatan dan persentase kayu teras-kayu gubal

Jenis kayu	Kerapatan kayu (gram/cm ³)		Persentase (%)	
	Kayu Teras	Kayu Gubal	Kayu Teras	Kayu Gubal
<i>Softwood</i>				
<i>Pinus merkusii</i>	0,56	0,54	15,79	84,21
<i>Pinus insularis</i>	0,58	0,57	36,05	63,95
<i>Hardwood</i>				
<i>Dalbergia latifolia</i>	0,70	0,69	41,25	58,76
<i>Swietenia mahagoni</i>	0,61	0,61	22,66	77,34
<i>Maesopsis eminii</i>	0,48	0,45	62,16	37,84
<i>Acacia mangium</i>	0,54	0,53	79,83	20,17

Hasil pengujian sifat mikroskopis kayu pada Tabel 3 menunjukkan bahwa serat kayu *softwood* lebih panjang daripada kayu *hardwood* yang mencapai sekitar 5000 μm . Begitu pula untuk dimensi yang lain yaitu diameter serat, lumen dan tebal dinding sel masing-masing 51 μm , 35,09 μm , dan 7,96 μm .

Tabel 3. Hasil pengujian dimensi serat kayu

Jenis kayu	Panjang serat (μm)	Diameter serat (μm)	Diameter lumen (μm)	Tebal dinding (μm)
<i>Softwood</i>				
<i>Pinus merkusii</i>	5155	48,74	32,80	7,97
<i>Pinus insularis</i>	5469	53,25	37,37	7,94
Rata-Rata <i>Softwood</i>	5312	51,00	35,09	7,96
<i>Hardwood</i>				
<i>Dalbergia latifolia</i>	1043	19,17	11,97	3,60
<i>Swietenia mahagoni</i>	1047	18,34	12,54	2,90
<i>Maesopsis eminii</i>	1209	25,08	18,00	3,54
<i>Acacia mangium</i>	1122	19,43	13,37	3,03
Rata-Rata <i>Hardwood</i>	1105	20,51	13,97	3,27

Sifat ultrastruktur kayu yang diuji adalah sudut mikrofibril dan indeks kristalinitas seperti yang disajikan pada Tabel 4.

Semakin kecil sudut mikrofibril pada kayu, maka arah serat semakin sejajar terhadap sumbu panjang sel. Perbedaan besaran sudut mikrofibril dipengaruhi oleh umur pohon, lebar riap, dan posisi riap (Deresse *et al.* 2003). Menurut Fengel dan Wegener (1995), ukuran sel ikut mempengaruhi besaran sudut mikrofibril. Pada ukuran sel-sel pendek dan lebar mempunyai sudut yang lebih besar. Untuk kayu afrika dan mangium memiliki sudut mikrofibril yang sangat besar. Hal ini memberikan informasi bahwa pada kayu cepat tumbuh sudut mikrofibril yang terbentuk cukup besar. Indeks kristalinitas merupakan luasan daerah kristalit yaitu perbandingan antara luasan daerah kristalit dengan daerah amorf (Sanjaya 2001). Semakin kecil indeks kristalinitas pada kayu, maka semakin kecil pula kadar selulosa dalam dinding sel yang membentuk daerah kristalit sehingga daerah amorfnya lebih besar. Dari keenam

jenis kayu yang diteliti, indeks kristalinitas terbesar terdapat pada kayu afrika yaitu 42 % dan terkecil pada *Pinus insularis* yaitu 35,26% (Tabel 3). Diungkap dalam Bucur (2006) nilai indeks kristalinitas kayu akusik spruce beragam berdasarkan umurnya, nilai tertinggi terdapat pada umur 4 dan 100 tahun yaitu 46,5 %. Kayu maple memiliki indeks kristalinitas sebesar 33,4 % pada umur 4 tahun.

Tabel 4. Karakteristik ultrastruktur kayu: sudut mikrofibril dan indeks kristalinitas

Jenis kayu	Sudut Mikrofibril (%)	Indeks Kristalinitas (%)
<i>Softwood</i>		
<i>Pinus merkusii</i>	22,28	36,33
<i>Pinus insularis</i>	18,60	33,16
Rata-Rata <i>Softwood</i>	20,44	34,75
<i>Hardwood</i>		
<i>Dalbergia latifolia</i>	16,50	41,29
<i>Swietenia mahagoni</i>	18,15	38,33
<i>Maesopsis eminii</i>	30,00	42,00
<i>Acacia mangium</i>	21,90	35,26
Rata-Rata <i>Hardwood</i>	21,64	39,22

Sifat Kimia Kayu

Tabel 5 menunjukkan nilai rata-rata selulosa dan lignin pada jenis *softwood* lebih tinggi dibandingkan dengan *hardwood*. Jenis *softwood* memiliki nilai rata-rata selulosa 53,71% dan *hardwood* 50,23%, sedangkan untuk nilai rata-rata lignin *softwood* 26,87% dan *hardwood* 25,14%. Sementara itu, komponen hemiselulosa dan holoselulosa jenis *softwood* nilai rata-ratanya lebih kecil dibandingkan dengan jenis *hardwood*. Selanjutnya komponen kimia non-struktural kayu disajikan pada Tabel 6.

Sifat Akustik Kayu

Nilai rata-rata sifat akustik pada jenis kayu yang diteliti disajikan pada Tabel 7. Berdasarkan Tabel 7 diketahui bahwa yang memiliki kecepatan rambatan gelombang ultrasonik yang baik/cepat adalah dari jenis pinus dan sonokeling yaitu berkisar antara 5600-600 m/detik. Sementara itu untuk kayu cepat tumbuh kayu afrika dan mangium hampir sama dengan kayu mahoni yaitu sekitar 5200-5300 m/detik. Untuk nilai *sound damping* atau hambatan, jenis kayu-kayu cepat tumbuh memiliki nilai hambatan yang besar yaitu di atas 0,08.

Tabel 5. Komponen kimia kayu struktural kayu

Jenis Kayu	Selulosa	Hemi selulosa	Holo selulosa	Lignin
<i>Softwood</i>				
<i>Pinus merkusii</i>	54,10	23,05	77,15	27,16
<i>Pinus insularis</i>	53,31	21,21	74,52	26,58
Rata-Rata <i>Softwood</i>	53,71	22,13	75,84	26,87
<i>Hardwood</i>				
<i>Dalbergia latifolia</i>	52,56	23,02	75,58	25,61
<i>Swietenia mahagoni</i>	47,26	27,37	74,63	25,82
<i>Maesopsis eminii</i>	49,90	31,46	81,36	24,24
<i>Acacia mangium</i>	51,20	29,79	80,99	24,89
Rata-Rata <i>Hardwood</i>	50,23	27,91	78,14	25,14

Tabel 6. Komponen kimia non-struktural kayu

Jenis Kayu	Kelarutan Zat Ekstraktif (%)			
	Air Panas	Air Dingin	NaOH 1%	Etanol-Benzen
<i>Softwood</i>				
<i>Pinus merkusii</i>	9,97	9,58	18,40	6,70
<i>Pinus insularis</i>	11,74	9,98	18,79	5,01
Rata-Rata <i>Softwood</i>	10,85	9,78	18,60	5,85
<i>Hardwood</i>				
<i>Dalbergia latifolia</i>	13,81	11,17	17,59	4,89
<i>Swietenia mahagoni</i>	12,83	11,11	23,31	6,26
<i>Maesopsis eminii</i>	15,42	14,26	25,33	7,74
<i>Acacia mangium</i>	14,06	11,39	20,23	6,93
Rata-Rata <i>Hardwood</i>	14,03	11,98	21,61	6,45

Tabel 7. Sifat akustik kayu keenam jenis kayu

Jenis kayu	Kecepatan ultrasonik (m/detik)	Sound Damping (δ)
<i>Pinus merkusii</i>	6069	0,063
<i>Pinus insularis</i>	5661	0,077
<i>Dalbergia latifolia</i>	6087	0,068
<i>Swietenia mahagoni</i>	5305	0,068
<i>Maesopsis eminii</i>	5317	0,097
<i>Acacia mangium</i>	5284	0,080

(Sumber : Karlinsari, 2008)

Hasil secara umum yang dapat disampaikan adalah bahwa berdasarkan karakteristik anatominya, kayu *softwood* jenis pinus memiliki laju rambatan gelombang suara yang cepat dengan struktur sel yang homogen, berserat panjang, memiliki porositas dan permeabilitas dinding sel rendah, sudut mikrofibril kecil (arah serat semakin sejajar), dan daerah kristalit besar. Kayu *hardwood* sonokeling memiliki kerapatan kayu yang tinggi, memiliki panjang serat yang tidak terlalu panjang, sudut mikrofibril yang rendah, indeks kristalinitas yang tinggi, dan kandungan selulosa yang tinggi. Untuk kayu cepat tumbuh, jenis kayu afrika memiliki indeks kristalit yang besar, walaupun sudut mikrofibrilnya juga besar.

Karakteristik komponen kimia kayu yang baik atau cepat dalam merambatkan gelombang bunyi adalah yang memiliki kandungan selulosa tinggi, hemiselulosa rendah dan lignin rendah. Sedangkan zat ekstraktif diduga tidak memberikan pengaruh yang nyata karena bersifat non struktural. Tabel 8. menyajikan rangkuman model dan analisis regresi linier hubungan antara sifat akustik dengan sifat kimia kayu.

Berdasarkan Tabel 8. diperoleh hasil bahwa nilai koefisien korelasi sifat kimia kayu yang diuji dengan nilai sifat akustiknya yaitu kecepatan rambatan gelombang ultrasonik dan *sound damping* memiliki R^2 sekitar 0,4 kecuali untuk hubungan sifat kimia selulosa dengan *sound damping*. Walaupun demikian signifikan model yang terbentuk belum signifikan, hal ini diduga karena jumlah contoh uji yang masih terbatas.

Tabel 8. Rangkuman model dan analisis regresi linier hubungan antara sifat akustik dengan sifat kimia kayu

Parameter (x dan y)	Model regresi	r	R ²	Signifikansi model ($\alpha = 0,05$)
Selulosa dan kecepatan ultrasonik	$y = 115,3x - 307,9$	0,7627	0,5818	0,0778 ^{tn}
Selulosa dan <i>sound damping</i>	$y = 0,121 - 0,000x$	0,1959	0,0384	0,7099 ^{tn}
Lignin dan kecepatan ultrasonik	$y = 231,7x - 339,5$	0,6509	0,4237	0,1615 ^{tn}
Lignin dan <i>sound damping</i>	$y = 0,278 - 0,007x$	0,7378	0,5443	0,0941 ^{tn}
Hemiselulosa dan kecepatan ultrasonik	$y = 7501 - 72,40x$	0,7913	0,6262	0,0608 ^{tn}
Hemiselulosa dan <i>sound damping</i>	$y = 0,001x + 0,027$	0,6816	0,4646	0,1359 ^{tn}
Zat ekstraktif dan kecepatan ultrasonik	$y = 6788 - 186,7x$	0,5488	0,3012	0,2594 ^{tn}
Zat ekstraktif dan <i>sound damping</i>	$y = 0,006x + 0,036$	0,6261	0,3920	0,1835 ^{tn}

Keterangan : ^{tn} = tidak nyata; r = koefisien korelasi; R² = koefisien determinasi

SIMPULAN

Beberapa simpulan dari penelitian ini Adalah: Jenis kayu *softwood* pinus memiliki sifat akustik yang baik dengan kecepatan rambatan gelombang ultrasonik yang tinggi dan nilai *sound damping* yang rendah. Hal ini berkaitan dengan sifat anatomi dan kimianya. Jenis kayu *hardwood* yang baik dalam hal sifat akustik, kecepatan rambatan gelombang ultrasonik tinggi dan nilai *sound damping* yang rendah, adalah jenis sonokeling diikuti kayu mahoni. Untuk kayu *hardwood* cepat tumbuh maka kayu afrika memiliki sifat akustik dengan kecepatan gelombang ultrasonik yang lebih baik daripada kayu mangium yang didukung dengan indeks kristalit besar. Walaupun demikian kayu tersebut memiliki hambatan/*sound damping* yang besar dengan sudut mikrofibril yang juga besar. Hubungan sifat komponen kimia kayu struktural dan zat ekstraktif dengan sifat akustik kayu ditunjukkan dengan nilai R² yang besar yaitu di atas 0,4

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada DP2M Dirjen Dikti, Depdiknas RI yang mendanai penelitian ini melalui Hibah Penelitian Dasar dengan No Kontrak :318/SP2H/PP/DP2M/III/2008.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardhianto N. 2002. Kajian Pembuatan dan Penilaian Mutu Gitar Akustik Menggunakan Kayu Mahoni (*Swietenia mahagoni* Jack.) dan Sonokeling (*Dalbergia latifolia* Roxb.). [skripsi]. Bogor: Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor.
- Browning BL. 1967. Methods of Wood Chemistry. Interscience Publ. New York.
- Bucur, V. 2006. Acoustics of Wood. 2nd Edition. Springer Series in Wood Science. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York.
- Dence CW. 1992. Determination of Lignin In: Lin SY, Dence CW (Eds). Methods in Lignin Chemistry. Springer-Verlag. Berlin. Hal. 33-61.
- Deresse T, MS Shaler, KR Shepard. 2003. Microfibril Angle Variation in Red Pine (*Pinus resinosa* Ait.) and Its Relation To The Strength and Stiffness of Early Juvenil Wood. Forest Product Journal Vol. 53, No. 7/8. Hal. 34-40.
- Fengel D dan G Wegener. 1995. Kayu: Kimia, Ultrastruktur, Reaksi-Reaksi. Terjemahan. Gadjah Mada University. Press. Yogyakarta.
- Karlinasari, L. dan TR. Mardikanto. 2008. Karakterisasi Sifat Dasar Akustik Kayu Untuk Keperluan Alat Musik. Laporan Hibah Penelitian Fundamental. LPPM IPB. DP2M Dikti.
- Haygreen JG, R Shmulsky, JL Bowyer. 2003. Forest Product and Wood Science, An Introduction. USA: The Iowa State University Press.
- Firmansyah R. 2006. Kajian tentang kemungkinan pemakaian kayu kelapa (*Cocos nucifera* L.) untuk bahan baku gitar [skripsi]. Bogor: Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor.

- Malik J, A Santoso, O Rachman. 2005. Sari Hasil Penelitian Mangium (*Acacia mangium* Willd.). <http://www.dephut.go.id/penelitian/mangium.html> [17 September 2008].
- Pandit IKN dan E Prihatini. 2005. Penuntun Praktikum Anatomi dan Identifikasi Kayu. Departemen Teknologi Hasil Hutan. Fakultas Kehutanan IPB. Bogor.
- Sanjaya. 2001. Pengaruh Anhidridasetat terhadap Struktur Molekuler Kayu dalam Stabilisasi Dimensi Kayu *Pinus merkusii* Et. De Vr. FKIP Universitas Sriwijaya. <http://www.fmipa.itb.ac.id/Sanjaya.pdf> [16 Desember 2008].
- Sejati KW. 2008. Studi Pembuatan Gitar Akustik Menggunakan Kayu Agathis, Pinus, dan Sonokeling. [skripsi]. Bogor: Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor.
- [TAPPI] Technical Association of Pulp and Paper Industries. 1996. *TAPPI Test Methods*. TAPPI Press. Atlanta.